

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**LIBEREC 2008**

**ROĐOMOVÁ Michaela**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**Fakulta textilní**

**Katedra hodnocení textilií**

---

Studijní program: B3107 Textil

Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

## **MĚŘENÍ DÉLKY VLÁKEN**

## **MEASURING FIBRES LENGTH**

Michaela Rođomová

KHT – 570

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Hana Štočková

**Rozsah práce:**

Počet stran textu: 36

Počet obrázků: 23

Počet tabulek: 8

Počet stran příloh: 10

Zadání bakalářské práce

(vložit originál)

## Prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne 12. května 2008

.....  
Podpis

## Pod'akovanie

Rada by som touto cestou pod'akovala všetkým, ktorí sa zaslúžili o vznik mojej bakalárskej práce a predali mi svoje bohaté znalosti a skúsenosti.

Predovšetkým by som rada pod'akovala Ing. Hane Štočkovej za metodické a odborné vedenie a v neposlednom rade za ústretový prístup pri zostavovaní bakalárskej práce.

Rada by som tiež pod'akovala pracovníkom katedry textilných materiálov Ing. Vladimírovi Kovačičovi za poskytnutie potrebných informácií k práci a pani Danuši Steklej a pani Vlaste Kopeckej za ochotu a pomoc pri merní vlákien.

Moje pod'akovanie patrí aj Ing. Františkovi Doležalovi CSc. riaditeľovi Ústavu textilnej techniky v Bratislave a Ing. Ľubomírovi Sotuláňovi za poskytnutie materiálov a informácií o podniku.

Moje zvláštne pod'akovanie patrí tiež rodičom, ktorí mi umožnili študovať a po celú dobu štúdia ma podporovali.

## **Anotace**

Bakalářská práce se zabývá měřením délky vláken.

V teoretické části je popsán státní podnik, pro který se měřili vlákna, jeho historie, výrobní sortiment. Tato část podrobněji charakterizuje druhy vláken a způsoby měření, jakými se zjišťují délky těchto vláken.

Druhá část práce je zaměřená na popis experimentu. Charakterizuje materiál, který při něm byl použitý, postup měření a vyhodnocení naměřených hodnot. Na základě údajů získaných z měření byl doporučen způsob zpracování vláken pro každý vzorek.

### **Klíčová slova**

vlákno; délka; přírodní vlákna; syntetická vlákna; přímá metoda; skleněná deska; staplový diagram; histogram;

## **Annotation**

This bachelor work is about measuring fibres length.

In the theoretic part a stated-owned enterprise, which the measurement was done for, is described, including its history and assortment. This part also contains a closer characteristic of fibre types and length-measuring methods.

The second part is describing the experiment itself. It characterizes the material which was used, the measurement process and the data evaluation. Following the gathered data, for every specimen a method of fibre processing was recommended.

### **Key words**

fibre; length; natural fibres; synthetic fibres; direct method; glass plate; staple diagram; histogram;

## Obsah

Zoznam obrázkov .....	8
Zoznam tabuliek .....	9
Zoznam symbolov.....	10
Úvod.....	12
1 Popis podniku.....	13
1.1 História.....	13
1.2 Zameranie a predmet činnosti UTT š.p.....	13
1.3 Stroje pre textilný priemysel .....	14
1.3.1 NOVATEX PS a VS.....	14
1.3.2 NOVATEX RS II .....	14
2 Dĺžka vlákien a metódy stanovenia dĺžky vlákien.....	17
2.1 Dĺžka vlákien .....	17
2.2 Metódy určenia dĺžky vlákien.....	17
2.2.1 Metódy priame.....	17
2.2.2 Štapľový diagram .....	20
2.2.3 Rozbor kladeného štapľového diagramu .....	22
2.3 Textilné vlákna.....	23
2.3.1 Prírodné vlákna.....	24
2.3.1.1 Bavlna.....	24
2.3.1.2 Ovčia vlna.....	26
2.3.2 Chemické vlákna .....	28
2.3.2.1 Chemické vlákna z prírodných polymérov .....	28
2.3.2.2 Chemické vlákna zo syntetických polymérov .....	29
3 Experimentálna časť.....	31
3.1 Charakteristika meraného materiálu .....	31
3.2 Postup experimentu.....	33
3.2.1 Podstata skúšky.....	33
3.2.2 Testovacie zariadenie .....	33
3.2.3 Pomôcky .....	33
3.2.4 Príprava vzorky.....	34
Měření délky vláken .....	6

3.2.4.1	Príprava vzorky z prírodných vlákien .....	34
3.2.4.2	Príprava vzorky z chemických vlákien.....	34
3.2.5	Počet meraní .....	34
3.2.6	Postup skúšky .....	35
3.2.7	Spracovanie výsledkov merania .....	35
3.3	Namerané hodnoty a grafické znázornenie .....	36
4	Ekonomický prínos .....	44
	Záver .....	46
	Literatúra.....	48
	Zoznam príloh.....	49



## Zoznam obrázkov

1.1	Novatex RS.....	16
2.1	Gul'ôčkový triediaci prístroj .....	18
2.2	Empirická štapľová krivka .....	21
2.3	Modelová štapľová krivka.....	22
2.4	Rozbor štapľovej krivky.....	23
3.1	Odfotená vzorka č. 1 .....	31
3.2	Odfotená vzorka č. 2 .....	32
3.3	Odfotená vzorka č. 3 .....	32
3.4	Odfotená vzorka č. 4 .....	32
3.5	Odfotená vzorka č. 5 .....	32
3.6	Odfotená vzorka č. 6 .....	33
3.7	Štapľový diagram vzorky č. 1 .....	38
3.8	Histogram vzorky č. 1 .....	38
3.9	Štapľový diagram vzorky č. 2 .....	39
3.10	Histogram vzorky č. 2 .....	39
3.11	Štapľový diagram vzorky č. 3 .....	40
3.12	Histogram vzorky č. 3 .....	40
3.13	Štapľový diagram vzorky č. 4 .....	41
3.14	Histogram vzorky č. 4 .....	41
3.15	Štapľový diagram vzorky č. 5 .....	42
3.16	Histogram vzorky č. 5 .....	42
3.17	Štapľový diagram vzorky č. 6 .....	43
3.18	Histogram vzorky č. 6 .....	43

## **Zoznam tabuliek**

2.1	Klasifikácia prírodných vlákien .....	24
2.2	Klasifikácia chemických vlákien.....	28
3.1	Štatistické hodnoty vzorky č. 1 .....	36
3.2	Štatistické hodnoty vzorky č. 2 .....	36
3.3	Štatistické hodnoty vzorky č. 3 .....	37
3.4	Štatistické hodnoty vzorky č. 4 .....	37
3.5	Štatistické hodnoty vzorky č. 5 .....	37
3.6	Štatistické hodnoty vzorky č. 6 .....	37

## Zoznam symbolov

Symbol	Jednotka	Význam
D	%	disperzia
D	%	dlhé vlákna
e	mm	malá efektívna dĺžka
E	mm	veľká efektívna dĺžka
$f_j$	1	relatívna početnosť
$F_j$	%	súčtová početnosť
g	–	triedny interval, ktorého horná hranica odpovedá hornej hranici hodnoty krátkych vlákien
h	–	triedny interval, ktorého dolná hranica odpovedá dolnej hranici hodnoty dlhých vlákien
j	–	číslo triedy
k	–	celkový počet tried
K	%	krátke vlákna
$l$	mm	dĺžka vlákien
$\bar{l}$	mm	priemerná dĺžka
$\hat{l}$	mm	modálna dĺžka
$\tilde{l}$	mm	mediánová dĺžka
$l_j$	mm	triedny znak
$l_{jd}$	mm	dolná hranica triedy
$\hat{l}_{jd}$	mm	dolná hranica modálnej triedy
$\tilde{l}_{jd}$	mm	dolná hranica mediánovej triedy
$l_{jh}$	mm	horná hranica triedy
$\Delta l$	mm	šírka triedy
n	–	celkový počet meraní
$n_j$	1	absolútna početnosť
$n_{\hat{j}}$	1	absolútna početnosť modálnej triedy

---

$n_{(\hat{j}+1)}$	1	absolutná početnosť triedy nasledujúcej za modálnou
$n_{(\hat{j}-1)}$	1	absolutná početnosť triedy predchádzajúcej pred modálnou
$n_{\tilde{j}}$	1	absolutná početnosť mediánovej triedy
P	1	súčtová relatívna početnosť pre štapľovú dĺžku
$p_j$	1	merná relatívna početnosť
s	mm	smerodajná odchýlka
$s^2$	mm <sup>2</sup>	rozptyl
v	%	variačný koeficient

## Úvod

Mnoho ľudí si to neuvedomuje, ale odpad predstavuje vážnu hrozbu pre ďalší vývoj našej civilizácie.

Odpadom je niečo, čo sa zdá nepotrebné a potrebujeme to odstrániť. To, čo je pre človeka odpadom, môže byť niekde inde hodnotným zdrojom. Neuvážené nakladanie s odpadmi zaťažuje životné prostredie, či už priamo zamorením pôdy, vody, vzduchu, skládkami a spaľovňami alebo nepriamo, zvýšenou ťažbou surovín či vyplytvanou energiou.

Jeho opätovné využitie – recyklácia šetrí prírodné zdroje, znižuje spotrebu energie, znižuje znečistenie prostredia, v ktorom človek žije. Pojem recyklácia môžeme definovať ako opätovné použitie akéhokoľvek materiálu. Je to proces, kde zo starého, zničeného materiálu sa vyrobí materiál nový. Recykláciou sa dajú čiastočne získať naspäť finančné prostriedky a na druhej strane napomáha k zlepšeniu životného prostredia.

Vlákná, ktoré sú predmetom skúmania v tejto bakalárskej práci, pochádzajú z novej technológie rozvlákňovania textilného odpadu strojom NOVATEX RS vyrábanom v Ústave textilnej techniky, štátny podnik v Bratislave.

Práca je zameraná na meranie dĺžky jednotlivých vlákien.

Úvodná časť – teoretická – sa zaoberá popisom daného podniku, pre ktorý sa vlákna merali, jeho históriou a výrobkami. Podrobnejšie sú tu rozobraté druhy textilných vlákien a metódy ich merania.

Druhá časť sa zameriava na praktické prevedenie experimentu, ktorého cieľom bolo zistiť dĺžky jednotlivých vlákien. Pri meraní bola použitá priama metóda pomocou sklenenej dosky.

Záverečná časť spracováva namerané hodnoty, ktoré následne vyhodnocuje.

Cieľom tejto bakalárskej práce je na základe nameraných údajov určiť akou technológiou sa budú vlákna ďalej spracovávať.

## **1 Popis podniku**

### **1.1 História**

Ústav textilnej techniky, štátny podnik, bol založený v roku 1962 ako SVUT – Štátny výskumný ústav textilný Liberec – Centrum pre automatizáciu textilného priemyslu Bratislava v bývalom Československu. Po rozdelení Československa sa slovenská pobočka v počte 450 zamestnancov pod názvom UTT, Ústav textilnej techniky, štátny podnik, Bratislava stala samostatným podnikateľským subjektom, bez akýchkoľvek štátnych dotácií. Dnes predstavuje ekonomický konsolidovaný subjekt s približne 100 zamestnancami. Podstatná časť aktivít ústavu je zameraná na technické služby v oblasti automatizácie, konštrukcie, výroby strojov a tvorby software pre textilné a odevné podniky.

### **1.2 Zameranie a predmet činnosti UTT š.p.**

Štátny podnik sa zaoberá týmito aktivitami:

- Rozvlákňovací stroj NOVATEX RS pre rozvlákňovanie ťažkých textilných útvarov.
- Oblasť netkaných textílií – výroba vpichovacích strojov pre spevňovanie vlákenných útvarov klasickou ihlovou technikou.
- Automatické rezacie stoly pre delenie plošného materiálu – pre kovy s použitím plazmového generátora, pre textil s použitím kmitajúceho noža.
- Systémy zberu a spracovania dát – personálne dochádzkové systémy, zabezpečovacie systémy budov a objektov, zber dát z procesu výroby.

Predmetom jeho činnosti je:

- „výroba a dodávka strojov, technologických liniek, konštrukcií, prístrojov a nástrojov
- výskumná, vývojová a aplikačná činnosť v oblasti automatizácie výrobných, technologických a manipulačných procesov v textilnom priemysle

- spracovanie, využitie a tiež recyklácia rôznych textilných odpadov pri nadväznosti na netkané textilné technológie
- inžinierskotechnické služby v oblasti analýzy systémov, metrologie a výpočtovej techniky
- marketing, obchod a informačná činnosť vrátane predaja aktívnych licencií a výrobkov“[3]

## 1.3 Stroje pre textilný priemysel

### 1.3.1 NOVATEX PS a VS

**Predvpichovacie a vpichovacie stroje** – stroje sú určené na mechanické spevňovanie plošných textilných vlákenných útvarov. Stroj pracuje na princípe previazania vlákien vo forme rúna alebo previazania vlákien na podkladový materiál prírodného alebo syntetického pôvodu. Je možná kombinácia s prvkami – tkanina, pletenina, priadza a ďalšie. Moderný systém predvpichovacích a vpichovacích strojov umožňuje operatívne vyhodnocovať technologické údaje o výrobe a plynule ich riadiť. Schéma stroja je v prílohe č. 8.

### 1.3.2 NOVATEX RS II

**Rozvlákňovací stroj** – reprezentuje novú generáciu strojov s vysokou produktivitou vďaka revolučnému systému rozvlákňovania textilného odpadu a podobných materiálov. Zariadenie je schopné rozvlákniť aj ťažko rozvlákňiteľné druhy textílií (koberce, auto koberce, materiály s podkladovou vrstvou z gumy, polyuretánu). Na výstupe stroja je vlákenná vrstva u pogumovaných či plastických podkladov z veľkej časti oddelená od všetkých druhov pojív. Schéma stroja je v prílohe č. 9.

*Koncepčný návrh rozvlákňovacieho stroja NOVATEX RS vychádza z týchto princípov :*

- požadovaná kapacita 600 - 900 kg/hod.
- určenie linky najmä pre recykliáciu ťažko rozvlákňiteľných materiálov
- odolnosť stroja voči zanášaniu impregnačnými látkami
- jednoduché nastavenie technologických parametrov

- integrovanie hrubých a jemných rozvlákňovacích sekcií do jedného stroja
- minimálna inštalačná plocha a náročnosť
- priaznivá cena linky

*Pre optimálne využitie recyklovanej vlákničky je dôležité:*

- zachovať čo najdlhšie vlákno v procese rozvlákňovania
- oddeliť nevlákenné zložky z rozvlákňovaného útvaru
- oddeliť nečistoty

### **Konštrukčné princípy rozvlákňovacieho stroja (obr. 1.1)**

Podstatu tohto mechanického rozvláknenia je možné vysvetliť nasledovne:

V mierne kužeľovom bubne s priemerom od 1500 do 850 mm rotuje rotor, ktorý má po obvode rozmiestnené výkyvne upevnené nože špeciálnej konštrukcie. Odstredivá sila udržiava nože v smere kolmom na os rotácie. Nože svojimi hlavami, ktoré majú zubový tvar, zachytávajú a rozvlákňujú textilný materiál, ktorý sa dostáva násypkou medzi vnútornú stenu satorovej výstelky a rotujúce hlavy nožov. Výstelka satora je rozdelená do sekcií a v jej axiálnom smere sa ozubenie postupne zjemňuje. Zuby nožov majú tiež smerom k výstupu stroja jemnejší charakter. Kužeľový tvar a skrutkovicové rozloženie rotujúcich nožov vytvára efekt, ktorý zabezpečuje pravidelný postup materiálu od vstupu k výstupu stroja.

Veľká kompaktnosť stroja je daná združením hrubých aj jemných rozvlákňovacích sekcií do jedného pracovného bloku.

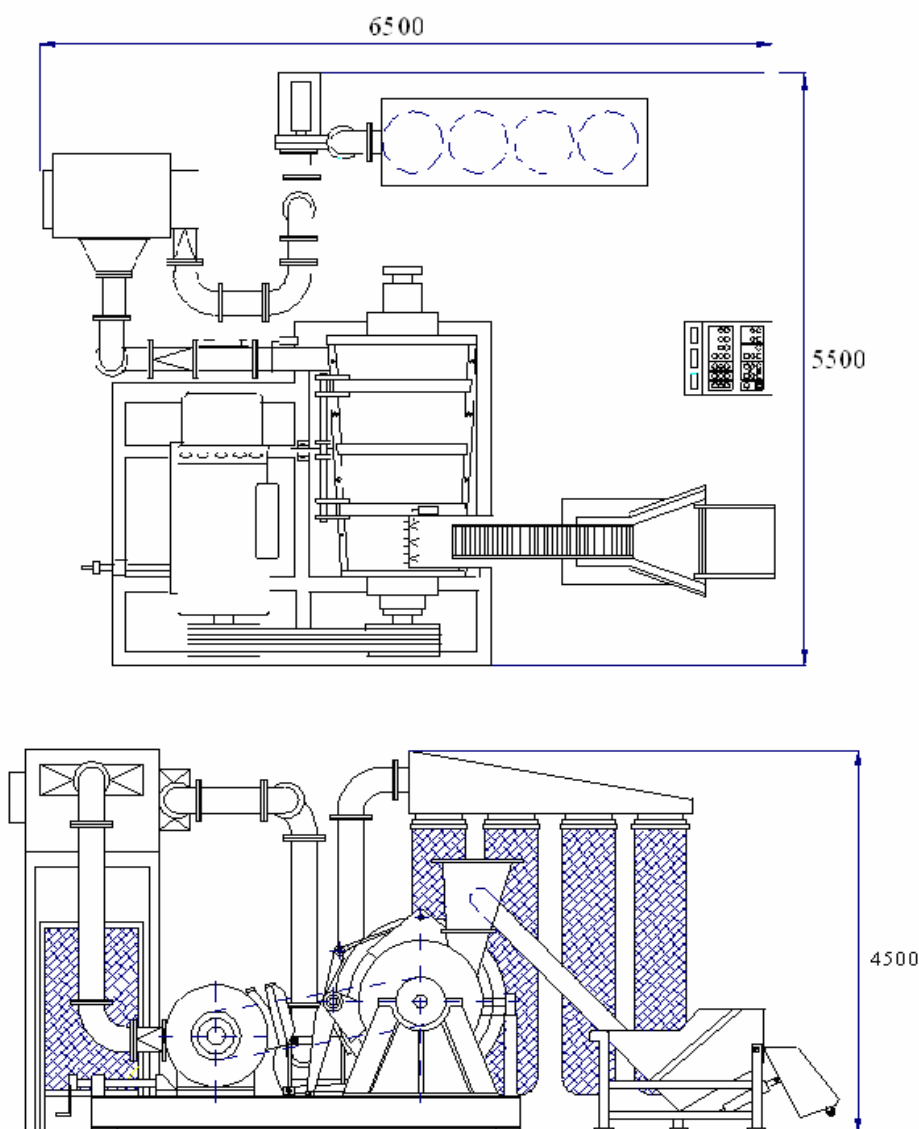
V hrubých sekciách umiestnených na vstupe stroja je obvodová rýchlosť zubov nožov nižšia, čo umožňuje pomalšie vzájomné oddeľovanie zoskupení vlákien na začiatku procesu rozvláknenia. Vplyvom nižšej obvodovej rýchlosti v tejto časti stroja nedochádza k nadmernému skracovaniu vlákien, ktoré sú na začiatku rozvlákňovacieho procesu ešte značne previazané. Nižší stupeň skracovania vlákien je dosahovaný najmä pohyblivým uložením nožov. Sila, ktorou pôsobí nôž na materiál je daná odstredivou silou vznikajúcou pri rotácii rotora. Takéto uchytenie rozvlákňovacích nožov pracuje ako pružný kĺb, definujúci silové pôsobenie na rozvlákňovaný materiál.

Smerom k výstupu stroja sa zväčšuje priemer stroja a tým rastie obvodová rýchlosť nožového ozubenia. V tejto časti sa dosahuje osamostatnenie vlákien a vysoký stupeň rozvláknenia. Časť kinetickej energie dodanej rozvláknenému materiálu na výstupe stroja sa využíva na transport vlákničky. Vzďialenosť nožov rotora od vnútorného povrchu satora



sa nastavuje centrálně pre všetky sekcie stroja súčasne vďaka kužeľovitému tvaru statora a rotora.

Pohonný agregát disponuje výkonom od 160 - 200 kW s plynulou elektronickou reguláciou rýchlosti 100 - 1400 otáčok/min. Zariadenie je ovládané z ovládacieho pultu, kde sú sústredené všetky ovládacie prvky. Hlavné uzly a parametre stroja sú monitorované riadiacim systémom, čo predstavuje z hľadiska prevádzky stroja dôležité bezpečnostné prvky. Náročnosť na obsluhu je minimálna. Podľa spôsobu prísunu a odoberania materiálu môže zariadenie obsluhovať aj jediná zaškolená osoba.



Obr. 1.1 Novatex RS

## 2 Dĺžka vlákien a metódy stanovenia dĺžky vlákien

### 2.1 Dĺžka vlákien

„Dĺžku zaradujeme do geometrických vlastností vlákien. Pri nastavovaní technologických prvkov je dôležitým parametrom. Jej znalosť je významná pri nastavovaní usadzovacích vzdialeností valčekov, čistiacich orgánov, a atď.“[1] Dĺžka sa vyjadruje v mm, prípadne v palcoch (inch=25,4mm).

Vlákno je definované ako dĺžková textília, ktorá má hrúbku menšiu než 0,1. „Dĺžku vlákna definujeme ako vzdialenosť koncov vyrovnaného vlákna bez oblúčikov a bez napätia. Je to vlastnosť, ktorá je zaťažená vysokou nerovnomernosťou. Pre jej stanovenie sú dôležité charakteristiky rozptylu a grafické zobrazenie štatistického rozdelenia dĺžok vlákien v surovine.“[1] Metódy merania sa dnes prevádzajú pomocou štapľovacích prístrojov alebo HVI (High Volume Instruments). Najstarším zobrazovaním štapľového prístroja je štapľový diagram, skrátene štapel<sup>1</sup>. Systém HVI udáva tvar fibrogramu.

### 2.2 Metódy určenia dĺžky vlákien

Poznáme tieto metódy určenia dĺžky vlákien:

- metódy priame – meranie dĺžky jednotlivých vlákien
- metódy nepriame – meranie dĺžky súboru vlákien

#### 2.2.1 Metódy priame

Metódy sú založené na meraní dĺžky jednotlivých vlákien. Hodnoty sú spracované triediacou metódou s grafickým zobrazením, ako histogram, súčtová krivka a staplová krivka.

Dĺžka vlákien sa priamou metódou stanoví *početnostným* spôsobom merania.

Medzi priame metódy patria:

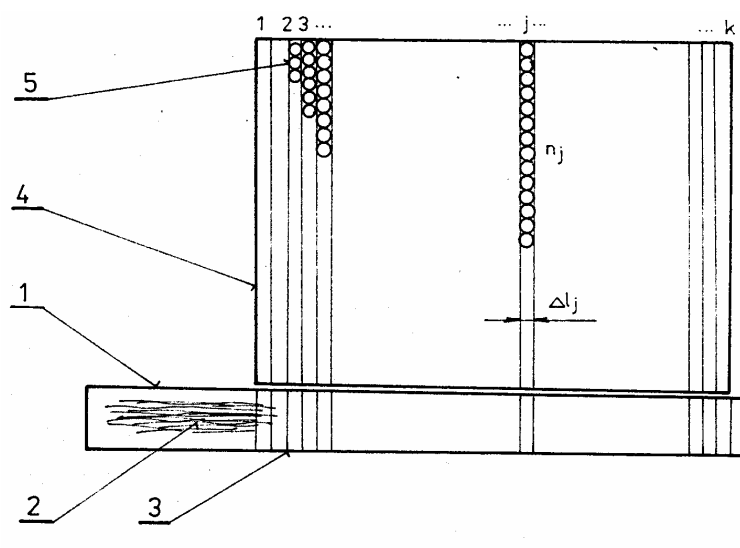
- *sklenená doska*
- *triediaci guľôčkový prístroj*

---

<sup>1</sup> „Podľa toho sú tiež prírodné vlákna, ako bavlna, vlna, ľan, ale tiež vlákna chemické vyrábané pre zmesovanie s prírodnými vláknami nazývané vláknami štapľovými.“[1]

K priamemu meraniu dĺžky vlákien slúžia rôzne pomôcky a prístroje. Najjednoduchšou pomôckou je **sklenená doska**. Môže byť z farebného skla a to buď s bieleho alebo čierneho. Sklo je zvolené tak, aby na ňom boli vlákna dobre vidieť. Sklenenú dosku natrieme tenkou vrstvou adhézne kvapaliny<sup>2</sup>, ktorá spôsobí tak, že sa vlákna v nej udržia narovnané po celú dobu merania. Takouto kvapalinou môže byť olej, glycerín, vazelína a pod.. Dôležitou podmienkou je, aby táto kvapalina nespôsobovala napr. napučanie vlákien. Vlákna sa pinzetou alebo ručne natáhujú na sklenenú dosku, milimetrovým pravítkom sa merajú a jednotlivé dĺžky sa zaraďujú do tried. Tento spôsob merania dĺžky vlákien je výhodný pre stanovenie dĺžky vlákien v priadzi.

„Pre meranie dĺžky vlákien vo vložke je zhotovený **triediaci guľôčkový prístroj** (obr. 2.1)



Obr. 2.1 Guľôčkový triediaci prístroj[1]

Načítanie hodnôt dĺžok vlákien v určitej triede je riešené stlačením klávesy **3** po vytiahnutí vlákna zo zovretej čeľuste **1**. Vláknko vo vložke **2** je vyťahované tak dlho, až jeho druhý koniec opustí zovretú čeľusť. Potom sa stlačí klávesnica a za každou takouto nameranou

<sup>2</sup> adhézia – priľnavosť, - fyzika: príťažlivá sila medzi povrchovými molekulami dvoch látok, ktorá spôsobuje ich tesné spojenie bez chemickej zmeny alebo zmiešania.

délkou vypadne do drážky (triedy) **4** guľôčka **5**. Takto sa načítajú absolútne početnosti dĺžok vlákien. Guľôčky v triedach dávajú prvý obraz o rozdelení dĺžok vlákien formou histogramu absolútnych početností. Absolútne početnosti  $n_j$  sa prevádzajú na relatívne početnosti  $f_j$  a výsledky sa štatisticky spracovávajú.“[1]

Určuje sa:

- priemerná dĺžka  $\bar{l}$  [mm]
- modálna dĺžka  $\hat{l}$  [mm]
- mediánová dĺžka  $\tilde{l}$  [mm]
- rozptyl  $s^2$  [mm<sup>2</sup>]
- smerodajná odchýlka  $s$  [mm]
- variačný koeficient  $v$  [%]

a z grafických vyjadrení :

- histogram početnosti  $f_j = f(l_j)$
- súčtová krivka početnosti  $F_j = f(\Sigma f_j)$
- štapľový diagram  $l_j = f(\Sigma p_j)$

Základné vzťahy výpočtu štatistických charakteristík:

Priemerná dĺžka

$$\bar{l} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k l_j n_j \quad (2.1)$$

Modálna dĺžka

$$\hat{l} = l_{\hat{j}} + \frac{n_{\hat{j}} - n_{(\hat{j}+1)}}{2n_{\hat{j}} - [n_{(\hat{j}-1)} + n_{(\hat{j}+1)}]} * \Delta l \quad (2.2)$$

Mediánová dĺžka

$$\tilde{l} = l_{\tilde{j}} + \frac{\frac{n+1}{2} - \sum_{j=1}^{\tilde{j}-1} n_j}{n_{\tilde{j}}} * \Delta l \quad (2.3)$$

Rozptyl

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^k (l_j - \bar{l})^2 * n_j = \frac{1}{n-1} [\sum l_j^2 n_j - \bar{l}^2 n] \quad (2.4)$$

Smerodajná odchýlka

$$s = \sqrt{s^2} \quad (2.5)$$

Variačný koeficient

$$v = \frac{s}{\bar{l}} * 10^2 \quad (2.6)$$

Relatívna početnosť

$$f_j = \frac{n_j}{n} \quad (2.7)$$

Merná relatívna početnosť

$$p_j = \frac{n_j}{\Delta l * n} \quad (2.8)$$

### 2.2.2 Štapľový diagram

"Štapľová krivka je definovaná ako nenormovaná krivka štatistického rozdelenia dĺžok vlákien.

Ako už bolo uvedené, štapľový diagram, skrátene štapel', je najstarším a dodnes používaným prostriedkom na znázorňovanie štatistického rozdelenia dĺžok vlákien. Z nameraných dát dĺžok vlákien a ich začlenením do tried, štatistickú krivku skonštruujeme ako empirickú<sup>3</sup> funkciu definovanú vzťahom:

$$\hat{P}(l_{jd}) = \sum_{j=k}^j \hat{f}(l_{jd}) \Delta l \quad (2.9)$$

Túto funkciu vynášame do súradníc  $x = \hat{P}(l_{jd})$ ,  $y = l$ .

Rozdiel medzi distribučnou funkciou a štapľovou krivkou:

- *distribučná funkcia* je konštruovaná v osiach  $x = 1$ ,  $y = F(1)$ . Empirická distribučná funkcia je spočítaná od  $j = 1$  (od prvej triedy) do  $j = k$  (do poslednej triedy), a to *po horné hranice tried!*

<sup>3</sup> Empirický – získaný z prakticky zistených hodnôt – z empirie.

- *štapľová krivka* je konštruovaná v osiach  $x = P(1)$ ,  $y = 1$ . Empirická štapľová krivka je spočítaná od  $j = k$  (od poslednej triedy) do  $j = 1$  (do prvej triedy) po *dolné hranice tried*! [1]

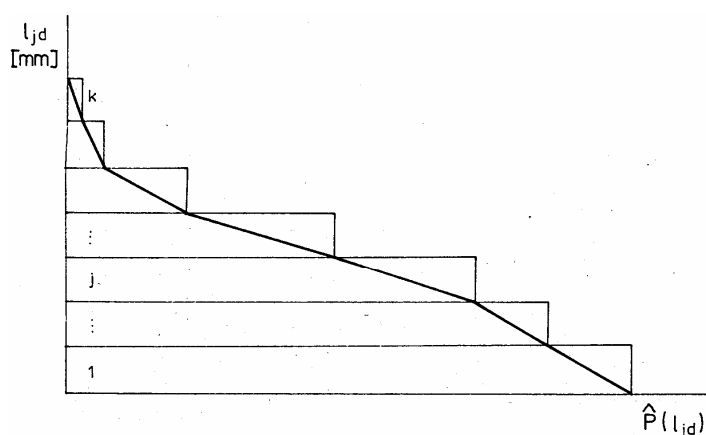
„Štapľová krivka je **doplnkovou krivkou** k distribučnej funkcii. Medzi nimi platí vzťah:

$$\hat{F}(l_{jd}) + \hat{P}(l_{jd}) = 1 \quad (2.10)$$

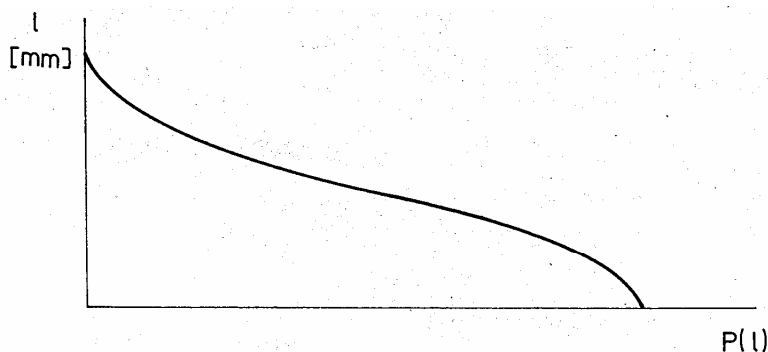
Štapľový diagram (štapľová krivka) sa konštruuje tiež ako *kladený štapľový diagram*. V praxi to znamená, že vlákna sú urovnvané vo vložke na spoločnú základňu v hrebeňovom poli, po predpísaných dĺžkach, napr. 5 mm (inak po šírkach triedy) vytáňované a vyrovnávané vedľa seba na zamatovú podložku na základňu tvorenú osou x. Najprv sa vytáňujú vždy vlákna najdlhšie, posledné sú vytáňované vlákna najkratšie. Podľa koncov takto zoradených dĺžok vlákien, kde na osy x je vlastne počet vlákien, je nakreslená krivka kladeného štapľového diagramu.

Empirická súčtová štapľová krivka (obr. 2.2), skonštruovaná z nameraných dĺžok vlákien, sa dá definovať podľa vzťahu (2.10). Získaním modelovej štapľovej krivky (obr. 2.3) (zjemňovaním  $\Delta l$  a rastom počtu meraní  $n \rightarrow \infty$ ) dostávame vzťah: [1]

$$P(l) = - \int_{l_{\max}}^l f(l) dl = 1 - \int_0^l f(l) dl = 1 - F(l) \quad (2.11)$$



Obr. 2.2 Empirická štapľová krivka [1]



Obr. 2.3 Modelová štapľová krivka [1]

### 2.2.3 Rozbor kladeného štapľového diagramu

„Kladený štapľový diagram (krivka opísaná podľa koncov vlákien v kladenom štapľe) – vid' obr. 2.4 je podkladom k stanoveniu dĺžkových charakteristík suroviny *grafickým spôsobom*.

Na obr. 2.4 je táto konštrukcia uvedená. Pretože krivka štapľového diagramu kladeného je vytvorená odlišným spôsobom než krivky výpočtové (empirické), je pravdepodobnosť výskytu dĺžok vlákien namiesto  $P(l)$  značená  $H(l)$ <sup>4</sup>.

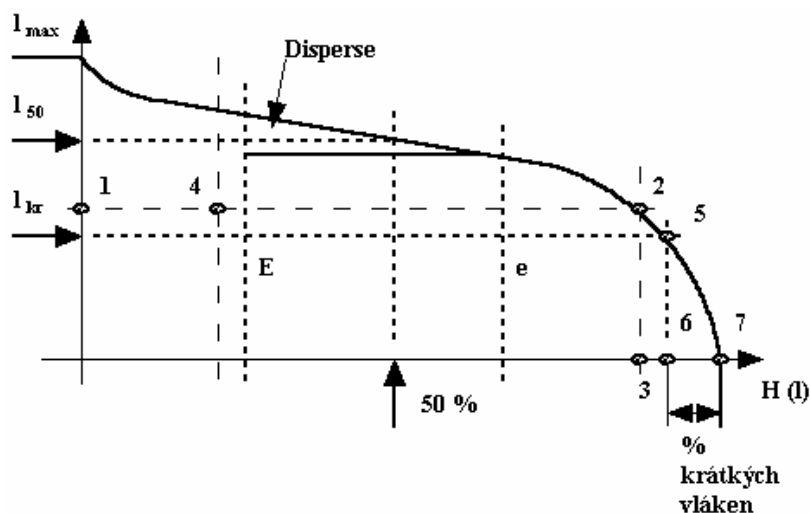
Grafický rozbor kladeného štapľového diagramu vychádza z bodu **1**, ktorý je stanovený ako  $l_{\max}/2$ . Z tohto bodu vedieme rovnobežku s osou  $H(l)$ . Preťatím priamky so štapľovou krivkou získame bod **2**. Spustením kolmice na os  $H(l)$  získame bod **3**. Vo vzdialenosti  $\frac{1}{4}$  dĺžky **03** vztýčime kolmicu a v  $\frac{1}{2}$  jej dĺžky v bode **4** vedieme opäť rovnobežku s osou  $H(l)$ . Dostaneme bod **5**. Spustením kolmice na os  $H(l)$  dostaneme bod **6**. V  $\frac{1}{4}$  vzdialenosti **06** je tzv. *veľká efektívna dĺžka E*. Vo vzdialenosti  $\frac{3}{4}$  **06** je tzv. *malá efektívna dĺžka e*. Rozdiel medzi oboma efektívnymi dĺžkami je tzv. *disperzia* definovaná vzťahom:

$$D = \frac{E - e}{E} * 10^2 \quad (2.12)$$

Percento krátkych vlákien  $K$  z kladeného štapľu stanovíme z pomeru dĺžok 67 a 07:“[1]

<sup>4</sup> Štapľová krivka je doplnkovou krivkou k distribučnej funkcii (súčtovej krivky pravdepodobnosti dĺžok vlákien) a je konštruovaná tiež ako *súčtová krivka*! Na osi  $H(l)$  sa teda budú vyskytovať pravdepodobnosti výskytu dĺžok vlákien.

$$K = \frac{67}{07} * 10^2 \quad (2.13)^5$$



Obr. 2.4 Rozbor štapľovej krivky [1]

## 2.3 Textilné vlákna

Vlákno je definované ako dĺžková textília, látkovo homogénna. Je to textília jemná, tenká (pod 0,1 mm), ohybná, pružná a môže mať rôzny pôvod, rôzne profily a dĺžky. Vlákno je základná stavebná jednotka všetkých textílií. Vo všeobecnosti sa vlákna delia na spriadateľné alebo nespriadateľné (vlákna kratšie než 10 mm).

Medzi základné vlastností vlákien patria:

- geometrické vlastnosti: dĺžka, jemnosť
- mechanické vlastnosti: pevnosť, ťažnosť, tuhosť
- elektrické vlastnosti: statický náboj, izolačné schopnosti
- tepelnoizolačné vlastnosti
- sorpcia
- skučeravenie
- lesk, farba a ich odtiene

<sup>5</sup> Vzdialenosť **67** je percentuálnym vyjadrením pomeru množstva krátkych vlákien k celkovému množstvu nameraných vlákien – teda k úsečke **07**.



Vlákna sa rozdeľujú do dvoch hlavných skupín:

- PRÍRODNÉ VLÁKNA
- CHEMICKÉ VLÁKNA

### 2.3.1 Prírodné vlákna

- štruktúra sa vytvára po dobu jeho rastu a dozrievania
- sú vytvorené v prírode

Tab. 2.1 Klasifikácia prírodných vlákien

PRÍRODNÉ VLÁKNA		
Rastlinné (z celulózy)	Živočíšne (z bielkovín)	Minerály
<i>zo semien</i> – bavlna <i>z listov</i> – sisal <i>zo stoniek</i> – ľan, juta <i>z plodov</i> – kokos	<i>z keratínu</i> – ovčia vlna <i>z fibroinu</i> – pravý hodváb <i>ostatné zvieracie srsti</i> – mohér, kašmír, alpaka, lama	azbest

#### 2.3.1.1 Bavlna

Bavlna je najdôležitejšie prírodné vlákno. Je zdrojom najčistejšej celulózy. Je to rastlina, známa už 4. tisícročia pred Kristom a pochádza z Indie. Do Európy sa bavlna dostala najskôr až v 11. storočí a dlho nebola významnou surovinou. Veľký rozvoj bavlnárskeho priemyslu sa datuje až vynálezom spriadacieho stroja koncom 18. storočia.

Je to krovitá rastlina, po odkvitnutí kvetov sa vytvorí toboľka, v ktorej sú semená. Z každého vyrastá veľké množstvo vlákien (od 2000 do 7000 vlákien). Keď toboľka dozreje, praská a vlákna preniknú von. Nasleduje zber, ktorý sa vykonáva ručne, pretože výhodou takéhoto zberu je, vysoká čistota a rovnomerná zrelosť vlákien. V súčasnej dobe je zber uskutočňovaný strojovo. Tento spôsob má však značnú nevýhodu – zrelosť vlákien je rôzna a pri zbere sa zachytávajú rôzne rastlinné nečistoty. Po zbere sa bavlna na dobu 30 dní skladuje na úplné dozretie a vysušenie. Potom sa v špeciálnych odzrňovacích strojov oddelí vlákno od semien. Cyklus sa prevádza niekoľko krát (2 – 3 krát). Pri poslednom výťažku sa získavajú krátke vlákna – linters. Táto surovina sa používa pri výrobe

chemických celulóзовých vláken a při výrobě vaty a papíra. Nasleduje triedenie. Rozhodujícími kritériami sú čistota suroviny, zrelosť a dĺžka.

Bavlník je rastlina, ktorá potrebuje v období výsevu vlhkú zem a v priebehu dozrievania teplú klímu. Pestovateľské oblasti sa preto nachádzajú v tropických a subtropických pásmach. Pestuje sa v týchto oblastiach – Amerika (južné štáty), India, Čína, Egypt, Brazília a Mexiko.

Kvalita závisí od odrody. Vlákná na stonke v dolnej časti sú kvalitnejšie ako v hornej časti, kde bývajú často poškodené.

Bavlnené vlákno sa skladá z rôznych látok. Obsah týchto látok vo vlákne ovplyvňuje pôda, kde bola bavlna pestovaná a prípadne i napadnutie vláken škodcami. Jednotlivé pomery látok v bavlně – celulóza (88 – 96%), pektíny (0,9 – 1,2%), bielkoviny (1,1 – 1,9%), vosky (0,3 – 1%), organické kyseliny (0,5 – 1%), minerálne soli (0,7 – 1,6%), cukry (0,3%), ostatné (0,9%).

Stavba vlákna pred vysušením má valcovitý tvar. Povrch je tvorený kutikulou, ktorá má rozpätie od 0,1 do 0,2  $\mu\text{m}$ . Pod kutikulou sa nachádza sekundárna stena, ktorá predstavuje 95% vlákna bavlny a je tvorená z celulózy.

Bavlna má jemný ohmat, dobrú absorpciu vlhkosti (hlavne potu) a je čiastočne hrejivá pri náhlom zamočení sa. Pri zmiešavaní s chemickými vláknami je odev príjemný na nosenie.

#### **Vlastnosti:**

- *ťažnosť*: výborná za sucha a mokra
- *pružnosť*: veľmi nízka, preto sa veľmi krčí
- *priedušnosť*: dobrá, spôsobuje príjemný pocit pri nosení
- *navlhavosť*: dobrá, pretože dobre saje pot, ale dlho sa suší
- *odolnosť voči oteru*: veľmi dobrá, najpevnejšia zo všetkých prírodných vláken
- *odolnosť voči škodcom*: výborná
- *elektrostatický náboj*: nízky

#### **Bavlna sa rozdeľuje:**

- podľa typu vláken: zrelé, nezrelé, mŕtve
- podľa typu bavlníku: srstnatý, krovitý, bylinný, peruánsky
- podľa dĺžky vláken: krátkovlákná (30 – 35mm), dlhovlákná ( okolo 50mm) a linters (veľmi krátke vlákna)

### 2.3.1.2 Ovčia vlna

Vlna je po bavlně najdůležitějším přírodním vláknem. Je to nejstarší a nejpoužívanější vlákno živočišného původu. Ovce jsou jedny z nejdéle chovaných domácích zvířat. V 18. století byl chov ovce v Evropě vysoko rozvinutý, hlavně v Španělsku, Francúzsku a Anglicku. Silný pokles chovu ovce v Evropě se datuje koncem 19. století v důsledku průmyslného a zemědělského rozmachu.

Chemicky patří tato vlákna mezi keratinové vlákna, kde struktura keratinového řetězce jim vkladá některé specifické vlastnosti, akými jsou například tuhost nebo zotavovací schopnost.

Vlna se získává stříháním ovce elektrickými stříhacími stroji. Ostříhaná, ale ještě svislá srst ovce se nazývá rúna. Kvalita rúny se velmi liší v jemnosti a čistotě podle toho, z které části těla je vlna odstříhnutá a jaký je stav kůže. Nejvyšší kvalita vláken se nachází na předních lopatkách, bocích a až potom na hřbetě. Nejhorší kvalita vláken je na nohách, hlavě a chvostě. Znečištěné části se odstraňují. Nejlepší vlna se získává z ovce, které mají 3 až 6 roků.

Vlákno se skládá z pokožky, kůže a drene. Na povrch je typické pokrytí šupinkami. Vyznačuje se vysokou nepravidelností rozměrů, která může určit chorobu ovce. Pokožka je vrchnou vrstvou vláken, která se skládá ze šupinek různého tvaru, které se překrývají. Kůže je tvořena vretenovitými podlouhlými bunkami. Vnitřní část vláken tvoří dřevina, která může být jako svislý kanálek – dřevinné vlákno, přerušovaný kanálek – přechodové vlákno, bez drene – dřevinné vlákno.

Základními třídícími kritérii jsou délka vláken a jeho jemnost, oblúčkovitost, barva, poškození, znečištění a obsah tuku. Pokud chceme provádět přesnější rozbor, je třeba použít speciální přístroje.

#### **Podle způsobu získávání vlny poznáme následující druhy:**

- *stříhaná vlna*: získává se stříháním živých ovce, stříhají se jednou až dvakrát ročně, tato vlna je velmi hebká a čistá
- „*žirňarská vlna*“: získává se z mrtvých zvířat, srst se vysuší pomocí vápna a následně se vytrhává, tato vlna je většinou nerovná a poškozená
- *trhaná vlna*: jsou to recyklované vlnené vlákna (z odpadu), tato vlna je také nerovná a poškozená

**Podľa typu (súvislosť s jemnosťou a dĺžkou vlákien) sa ovce delia na skupiny:**

- *ovce merinové*: pôvodom zo Španielska, v súčasnosti rozšírené po celom svete, poskytujú jemnú mäkkú vlnu s dĺžkou vlákien 50 – 76 mm, chová sa v Austrálii, Južnej Afrike, Amerike
- *ovce nížinné*: ich vlna je hrubá a dlhá s dĺžkou vlákien do 300 mm, je vhodná na česané priadze, chov v Číne, Mongolsku a Anglicku
- *ovce anglické*: vznikli krížením merinových oviec, delia sa do štyroch základných skupín podľa typu vlny – lesklé vlny (typ „Lincoln“), pololesklé vlny (sú kratšie a menej lesklé), tmavé vlny (majú dĺžku 7 – 10 cm a tvrdší ohmat), horské vlny (z týchto oviec sa vyrábajú známe škótske tweedy a škótske chevioty), najmä Veľká Británia
- *ovce krížené*: je krížená ovcou Merino a barana nižšej kvality British Bred, má slabo oblúčikovú a stredne silnú vlnu a je veľmi slabo lesklá, je vhodná pre mykané a česané priadze, nachádzajú sa na Novom Zélande a Južnej Amerike.

**Znaky strihanej vlny sú:**

- *oblúčikovitosť*: je rôzna podľa plemena a kvality, rozlišujeme vlákna- vysoko oblúčikové, normálne a plošne oblúčikové, čím je vlákno kratšie a jemnejšie, tým je silnejšia oblúčikovitosť
- *jemnosť*: je rozdielna, závisí od plemena ovce, rozdelenie podľa akostných tried- jemné vlny, stredne hrubé vlny, hrubé vlny
- *lesk*: rôzne silný lesk podľa jemnosti a povrchovej štruktúry
- *farba*: špinavo biela až žltkastá, zriedka hnedá alebo čierna
- *čistota*: rôzne silne znečistená (nečistoty: pot, tuk, časti rastlín, výkaly, ktoré je potrebné pred ďalším spracovaním odstrániť práním a špeciálnymi postupmi)
- *plstnatosť*: výborná, vplyvom chemikálií, vlhkosti, tlaku a tepla sa vlnené vlákna zrážajú, plstia, je to výborné pre výrobu valchovaných textílií, ale nevýhodné pre pranie vlnených výrobkov
- *pružnosť*: výborná
- *tepelnizolačná schopnosť*: je výborná, preto je vhodná na teplé oblečenie

### 2.3.2 Chemické vlákna

Chemická vlákna sa vyrábajú z prírodných i syntetických surovín chemickou technológiou. Vláknový roztok alebo tavenina sa pretlačuje tryskami stroja do mokrého alebo suchého prostredia, v ktorom tuhne do vlákna, ktoré sa potom ešte ťahuje (dĺži).

Vlákna sa vyrábajú v dvoch základných tvaroch:

- v tvare nekonečných vlákien (vlákno je nekonečnej dĺžky)
- v tvare striže (vlákno je narezané a upravené na dĺžku textilnej suroviny, s ktorou má byť spriadané v zmesi)

Chemická vlákna nemôžu plne nahradiť prírodné vlákna, môžu ich ale vhodne dopĺňovať a zlepšovať ich vlastnosti.

Tab. 2.2 Klasifikácia chemických vlákien

<b>CHEMICKÉ VLÁKNA</b>	
<b>z prírodných polymérov</b>	<b>zo syntetických polymérov</b>
<i>z celulózy – viskóza, acetátové vlákna</i> <i>z rastlinných bielkovín</i> <i>zo živočíšnych bielkovín</i> <i>z morských rias</i> <i>z prírodného kaučuku – pryžové vlákna</i>	<i>polyamidové vlákna</i> <i>polyesterové vlákna</i> <i>polyakrylnitrilové vlákna</i> <i>polyuretánové vlákna</i> <i>polyetylénové vlákna</i> <i>polypropylénové vlákna</i>
<b>anorganické</b>	<b>špeciálne</b>
<i>z kovov – hliníkové vlákna</i> <i>medené vlákna</i>	<i>konjugované</i> <i>duté</i> <i>vysokoabsorbčné</i>

#### 2.3.2.1 Chemické vlákna z prírodných polymérov

Chemické vlákna z prírodných polymérov sú vlákna, ktoré nevznikli v prírode, čiže boli vyrobené pomocou chemickej technológie, cez premenu prírodných surovín. Najdôležitejšou skupinou chemických vlákien z prírodných polymérov sú celulózové

chemické vlákna. Další významnou skupinou sú pryžové vlákna. Menší význam majú vlákna zregenerovaných bielkovín.

Pôvodne existovali len štyri druhy textilných vlákien (vlna, ľan, bavlna a hodváb), z ktorých sa vyrábalo oblečenie. Vytvorenie prvých chemických vlákien je výsledkom množstva pokusov o napodobenie prírodného hodvábu. Prvé pokusy v tomto smere pochádzajú už zo 17. a 18. storočia. Začiatkom 20. storočia začal rozvoj priemyselnej výroby chemických vlákien výrobou „umelého hodvábu“.

Východiskovou surovinou je buničina (celulóza) z dreva alebo z bavlnených lintersov. Buničina je biela, vo vode nerozpustná látka, ktorá sa v bavlně alebo v bavlnených lintersoch vyskytuje takmer čistá. Pre výrobu celulóзовých vlákien sa ale získava buničina hlavne z dreva.

Obecný postup výroby spočíva v premene prírodného polyméru tak, aby bol pripravený na zvlákňovanie. Prevedie sa do roztoku (depolymerácia) a zvlákňuje sa do kúpeľa (viskóza, medené vlákno) alebo do horúcej vzdušnej komory (acetát). Vďaka tomuto je vlákno pozdĺž ryhované.

Postup výroby *viskózového vlákna* je dnes najviac používaný postup (takmer 90% podiel na celkovej výrobe) a je najhospodárnejší. Najdrahším výrobným postupom je vzhľadom na obtiažnosť podmienok výroby postup *acetátového vlákna*. Postup výroby medeného vlákna produkuje síce vlákno najviac podobné pravému hodvábu, ale už sa nepoužíva z dôvodu zlej hospodárnosti.

### **2.3.2.2 Chemické vlákna zo syntetických polymérov**

Chemické vlákna zo syntetických polymérov sú vlákna, ktoré tiež nevznikli v prírode a ani sa nevyrábajú z látok vyskytujúcich sa v prírode vo forme makromolekuly. Tieto makromolekuly sa musia najprv chemicky vyrobiť z jednoduchých základných látok (sú získané z uhlia, ropy alebo z iných chemických surovín).

Tieto vlákna majú v porovnaní s prírodnými vláknami nižšiu hmotnosť, nižšiu odolnosť voči teplu a vyššiu pevnosť. Charakteristickými vlastnosťami sú žmolkovitosť – spôsobená vytáhaním vlákna z nite alebo poškodenie trením na povrchu textílie a elektrostatický náboj – cez trenie vzniká tento náboj, ktorý spôsobuje, že textílie pri obliekaní a vyzliekaní iskria alebo sa k sebe prílepujú, či priťahujú čiastočky prachu.

Výrobný proces tejto skupiny zahŕňa najprv prípravu polyméru (monomer → polyreakcia (polymerizácia, polykondenzácia, polyadícia) → zvlákňovanie do šachty).

Tvar vlákna je daný tvarom zvlákňovacích trysiek, preto sú vyrábané vlákna kruhových, popřípade rôznych profilových prierezov. Sú vhodné pre zlepšenie ohmatu výrobku, ktorý sa z nich vyrába, pri čom vytvárajú podmienky pre zníženie žmolkovitosti, popřípade pre zvýšenie tepelnoizolačných vlastností.

### 3 Experimentálna časť

V tejto časti je popísaný meraný materiál, jeho zloženie, počet meraných vzoriek a testovacie zariadenie, ktorým boli jednotlivé vlákna merané. Taktiež je tu opísaný samotný experiment, výsledky merania, štatistické spracovanie hodnôt a následne vyhodnotenie. Ako bolo už popísané v teoretickej časti, vzorky vlákien boli merané priamou metódou.

#### 3.1 Charakteristika meraného materiálu

Ústav textilnej techniky, štátny podnik Bratislava, poskytol pre praktickú časť bakalárskej práce šesť vzoriek rôznych druhov vlákien. Tieto vzorky pochádzajú z rôzneho odpadového materiálu získaného z viacerých krajín. Ide o materiál, ktorý vznikol ako odpad pri prvovýrobe - Srí Lanka vzorka č. 1 a vzorka č. 2 ako aj z použitého šatstva - Slovensko, z podlahových krytín - Saudská Arábia a odpad z prvovýroby u auto kobercov Volkswagen. Sú to odpady, ktoré vznikajú pri šití a z odrezkov pri vysekávaní jednotlivých tvarov kobercov.

Na začiatku merania bolo potrebné stanoviť druh vlákien, ktoré tvoria dané vzorky. K tomu bola použitá mikroskopická metóda. Pomocou mikroskopu sa určil druh vlákna, ktorý tvorí danú vzorku. Meraním sa zistilo, že tri vzorky sú z prírodných vlákien a ďalšie tri z vlákien syntetických.

Na obr. 3.1, obr. 3.2, obr. 3.3, obr. 3.4, obr. 3.5 a obr. 3.6 sú zobrazené a stručne popísané vzorky, ktoré boli predmetom merania.

##### 1.vzorka

- šatovka zmes 4 druhov odpadu z prvovýroby (Srí Lanka)
- prírodné vlákna
- bavlna 65 %, vlna 35 %



Obr. 3.1 Odfotená vzorka č.1



## **2. vzorka**

- šatovka – zmes zo zberu (Srí Lanka)
- prírodné vlákna
- bavlna 75 %, vlna 25 %



Obr. 3.2 Odfotená vzorka č. 2

## **3. vzorka**

- podlahová krytina – farebná vrstva (Saudská Arábia)
- syntetické vlákna



Obr. 3.3 Odfotená vzorka č. 3

## **4. vzorka**

- podlahová krytina – bez separácie vrstiev (Saudská Arábia)
- syntetické vlákna



Obr. 3.4 Odfotená vzorka č. 4

## **5. vzorka**

- šatovka – rifľovina (Slovensko)
- prírodné vlákna
- bavlna 100%



Obr. 3.5 Odfotená vzorka č. 5

#### **6. vzorka**

- auto koberec (Volkswagen Bratislava)
- syntetické vlákno – polyester, podkladová vrstva polyetylénová pena



Obr. 3.6 Odfotená vzorka č. 6

### **3.2 Postup experimentu**

Cieľom tejto práce je meranie jednotlivých dĺžok vlákien.

Pri meraní sa postupuje podľa normy ČSN 80 0201. Táto norma stanovuje spôsob zisťovania dĺžky bavlnených, vlnených a chemických vlákien tak, že sa tieto vlákna jednotlivo merajú.

#### **3.2.1 Podstata skúšky**

Samotná skúška spočíva v priamom meraní dĺžky vlákien v natiahnutom stave pomocou sklenenej dosky. Vlákná sa merajú jednotlivo vo vyrovnanom, nie však v napnutom stave.

#### **3.2.2 Testovacie zariadenie**

Pri experimente bola použitá sklenená doska, ktorej rozmer má byť asi 150 mm x 200 mm. Táto doska je zhotovená z farebného skla, ktoré môže byť bielej alebo čiernej farby. Farba musí byť však zvolená tak, aby vlákna na doske boli dobre viditeľné.

#### **3.2.3 Pomôcky**

Pri meraní sa používajú tieto pomôcky:

- pinzeta
- milimetrové pravítko
- glycerín.

### **3.2.4 Příprava vzorky**

Skôr ako sa pristúpilo k samotnému meraniu vlákien, bolo potrebné pripraviť dané vzorky. Príprava samotnej vzorky závisí od jej materiálového zloženia. Rozlišujú sa dva spôsoby prípravy. Jeden spôsob sa používa pri vzorkách z prírodných vlákien a druhý pri vzorkách z chemických vlákien.

#### **3.2.4.1 Príprava vzorky z prírodných vlákien**

Zo vzorky pripravenej na meranie sa oddelí časť o hmotnosti približne 200 mg. Aby sa pri prameni dosiahol zarovnaný okraj, ručne sa vyťahujú vyčnievajúce vlákna. Potom sa prameň rozloží na šírku asi 30 mm.

Pinzetou sa vyťahujú jednotlivé vyčnievajúce vlákna. Tento pokus sa opakuje tak dlho, kým nie je nameraný potrebný počet vlákien.

#### **3.2.4.2 Príprava vzorky z chemických vlákien**

Zo vzorky pripravenej na meranie sa odoberú, z niekoľkých rôznych miest, chumáčky vlákien o hmotnosti asi 100mg. Tieto chumáčky sa rozdelia v pozdĺžnom smere na dve rovnaké časti. Jedna časť sa vylúči. Tie vlákna, ktoré vypadli pri delení sa tiež rozdelia na dve rovnaké časti a vrátia sa ku chumáčikom. Postup delenia sa prevádza zo zvyšnými časťami chumáčikov tak dlho, až z pôvodného chumáčika zostane asi 50 vlákien. Takto pripravené chumáčky sa spoja a vytvoria skúšobnú vzorku.

### **3.2.5 Počet meraní**

Celkový počet vlákien, ktoré treba zmerať pri každej vzorke je:

- u prírodných vlákien približne 1000
- u chemických vlákien približne 500

### 3.2.6 Postup skúšky

Na sklenenú dosku sa naniesie rovnomerne malé množstvo glycerínu. Z chumáča vzorky sa postupne pinzetou odoberajú jednotlivá vlákna, ktoré sa ukladajú na túto sklenenú dosku. Jedným prstom sa pridrží koniec vlákna a pomocou druhého prsta sa vlákno vyrovná. Takto vyrovnané vlákno sa odmeria milimetrovým pravítkom a nameraná hodnota sa zaokrúhli na najbližší celý milimeter.

### 3.2.7 Spracovanie výsledkov merania

Z nameraných hodnôt sa vypočítajú tieto ukazovatele:

- u prírodných vlákien sa vypočíta: priemerná dĺžka vlákien  
smerodajná odchýlka  
variačný koeficient  
podiel krátkych a dlhých vlákien
- u chemických vlákien sa vypočíta: priemerná dĺžka vlákien  
modálna dĺžka  
smerodajná odchýlka  
variačný koeficient  
podiel krátkych a dlhých vlákien

Podiel krátkych vlákien

$$K = \frac{100}{n} \sum_{j=g}^g n_j \quad (3.1)$$

Podiel dlhých vlákien

$$D = \frac{100}{n} \sum_{j=h}^h n_j \quad (3.2)$$

### 3.3 Namerané hodnoty a grafické znázornenie

Po meraní sa jednotlivé údaje spracujú a vyhodnotia. Pre grafické zobrazenie nameraných hodnôt sa používa histogram a štapľová krivka.

Histogram je grafické zobrazenie štatistických hodnôt. Dá sa povedať, že histogram je grafická verzia tabuľky. Táto tabuľka udáva koľko z celého množstva prípadov spadá do danej hodnoty. Týchto hodnôt môže byť ľubovoľné množstvo. Vedľa histogramu možno nájsť tiež niektoré štatistické ukazovatele, ako sú aritmetický priemer a ďalšie. Dozvedáme sa tu aj o relatívnych a absolútnych početnostiach výskytu.

Vzorky po priamom výstupe zo stroja obsahujú značné percento nerozvláknených zvyškov, aditív a nečistôt. Pred meraním dĺžky vlákna sa tieto časti ručne odseparujú, pričom váhové percento je uvedené v tabuľkách. Toto samozrejme zlepšilo výsledky tohto merania, ale treba to zohľadniť pri navrhovaní následných technológií spracovania.

Namerané údaje pre jednotlivé vzorky, ktoré sú v prílohách č.1 až č.6, sú štatisticky spracované a pre prehľadnosť zobrazené v tab. 3.1, tab. 3.2, tab. 3.3, tab. 3.4, tab. 3.5 a tab. 3.6.

Tab. 3.1 Štatistické hodnoty vzorky č.1

vzorka č. 1					
$\bar{l}$ [mm]	$s$ [mm]	$v$ [%]	$K$ [%]	$D$ [%]	nerozvláknené zvyšky [%]
38,515	15,71	40,8	10,6	0,9	15

Tab. 3.2 Štatistické hodnoty vzorky č. 2

vzorka č. 2					
$\bar{l}$ [mm]	$s$ [mm]	$v$ [%]	$K$ [%]	$D$ [%]	nerozvláknené zvyšky [%]
19,495	8,12	41,7	10,6	0,7	18

Tab. 3.3 Štatistické hodnoty vzorky č. 3

vzorka č. 3						
$\bar{l}$ [mm]	$\hat{l}$ [mm]	$s$ [mm]	$v$ [%]	$K$ [%]	$D$ [%]	nerozvláknené zvyšky [%]
52,12	48,778	17,29	33,2	16,8	5,6	16

Tab. 3.4 Štatistické hodnoty vzorky č. 4

vzorka č. 4						
$\bar{l}$ [mm]	$\hat{l}$ [mm]	$s$ [mm]	$v$ [%]	$K$ [%]	$D$ [%]	nerozvláknené zvyšky [%]
73,06	38,158	34,32	47	12,6	2	26

Tab. 3.5 Štatistické hodnoty vzorky č. 5

vzorka č. 5						
$\bar{l}$ [mm]	$s$ [mm]	$v$ [%]	$K$ [%]	$D$ [%]	nerozvláknené zvyšky [%]	
21,115	7,11	33,7	6,8	1,1	17	

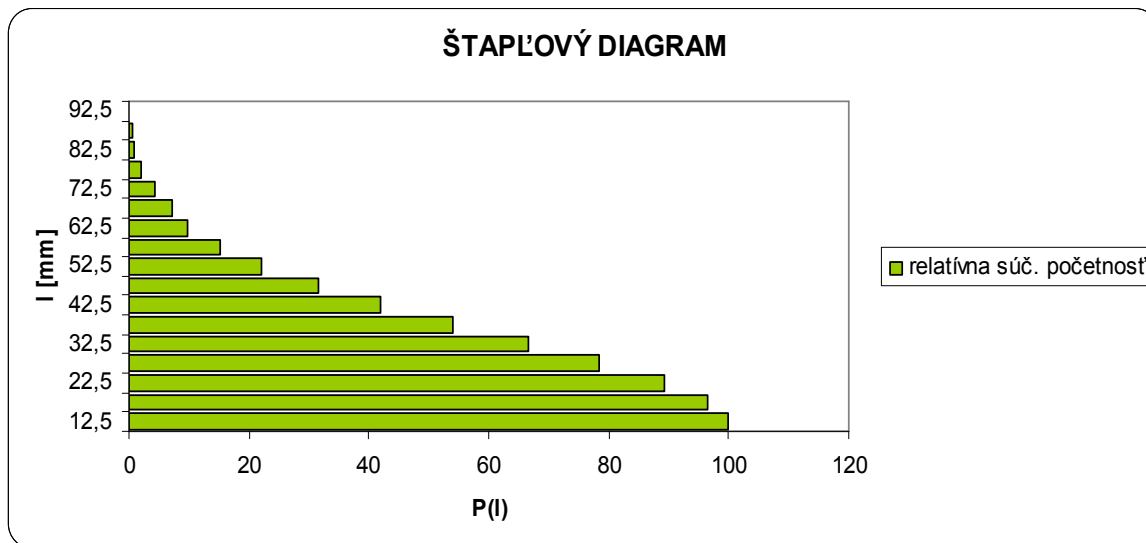
Tab. 3.6 Štatistické hodnoty vzorky č. 6

vzorka č. 6						
$\bar{l}$ [mm]	$\hat{l}$ [mm]	$s$ [mm]	$v$ [%]	$K$ [%]	$D$ [%]	nerozvláknené zvyšky [%]
40,8	31,6	19,75	48,4	22,2	2,4	34

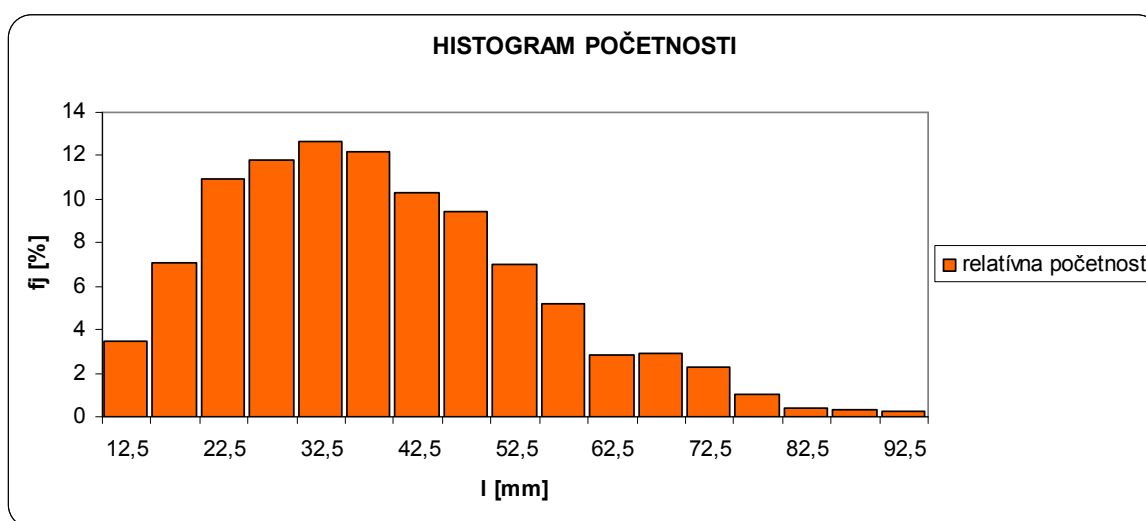
Na obr. 3.7, obr. 3.9, obr. 3.11, obr. 3.13, obr. 3.15 a obr. 3.17 sú zobrazené namerané údaje v tvare štapľového diagramu.

Na obr. 3.8, obr. 3.10, obr. 3.12, obr. 3.14, obr. 3.16 a obr. 2.18 sú namerané údaje zobrazené v tvare histogramu.

**vzorka č. 1**



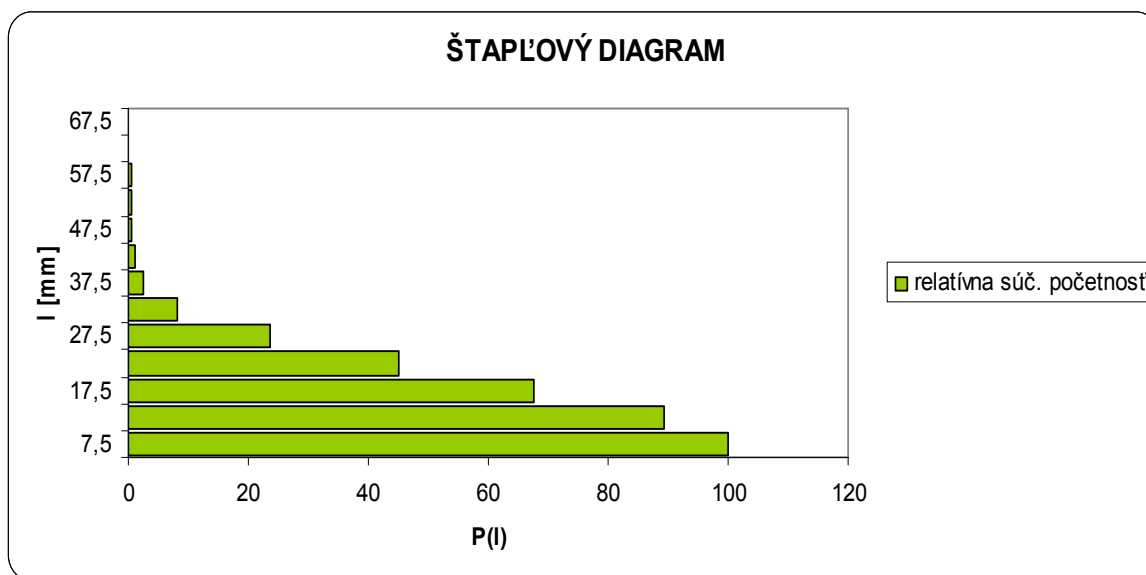
Obr. 3.7 Štapľový diagram vzorky č.1



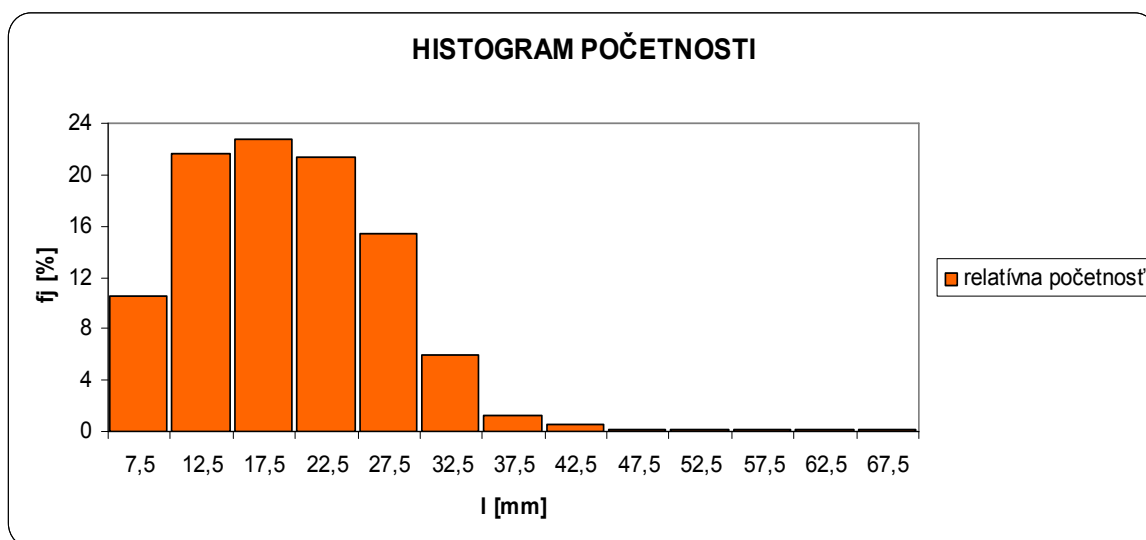
Obr. 3.8 Histogram vzorky č.1

Z obr. 3.8 je zrejmé, že sa jedná o histogram zvonovitého tvaru. Z uvedeného grafu vyplýva, že 78% vlákien je dlhších ako 27 mm. Táto vzorka je vhodná na ďalšie spracovanie textilnými metódami. Doporučuje sa túto vzorku po zmesovaní s prvotnou surovinou využiť na výrobu netkanej textílie pomocou linky s vpichovacím strojom (príloha č.10).

**vzorka č. 2**



Obr. 3.9 Štaplový diagram vzorky č. 2

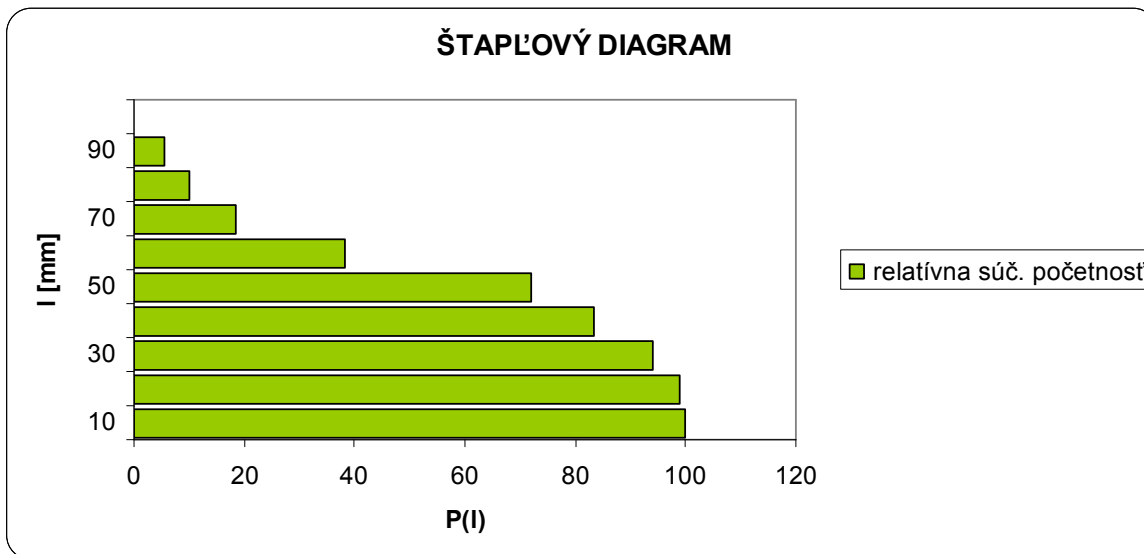


Obr. 3.10 Histogram vzorky č. 2

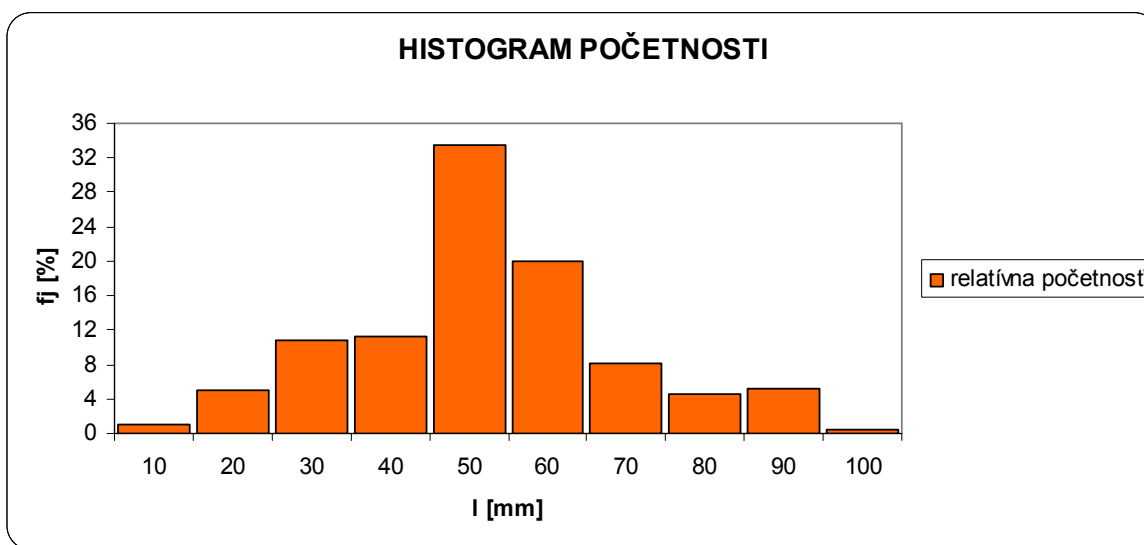
Z obr. 3.10 je zřejmé, že sa jedná o histogram zvonovitého tvaru. Z uvedeného grafu vyplýva, že len 22% vlákien je dlhších než 25 mm. Táto vzorka nie je vhodná na ďalšie spracovanie textilnými metódami. Doporučuje sa túto vzorku použiť ako prímes do linky AIRJET.



**vzorka č. 3**



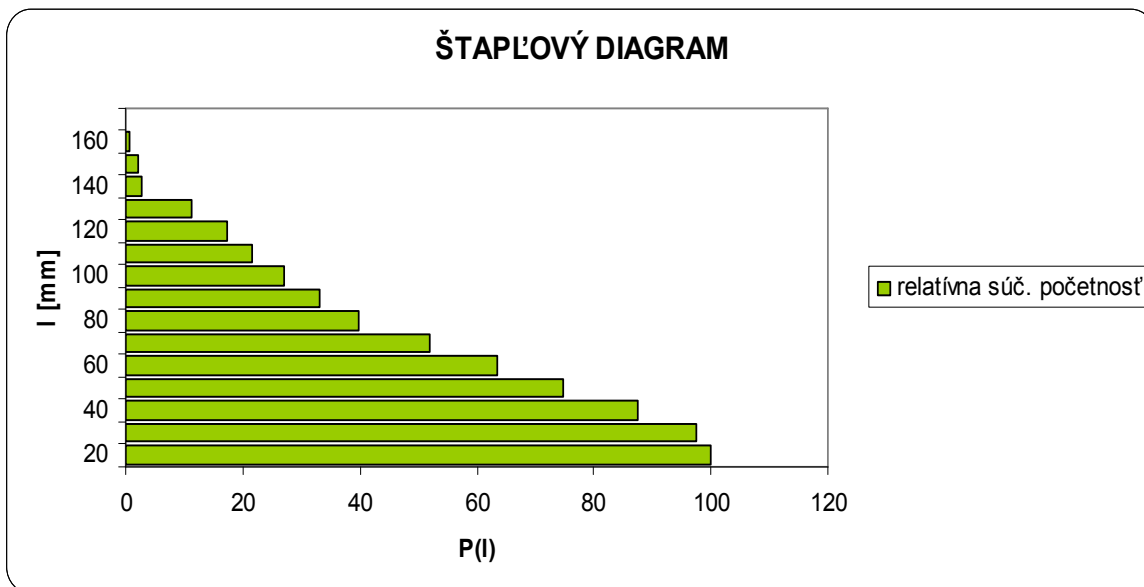
Obr. 3.11 Štapľový diagram vzorky č. 3



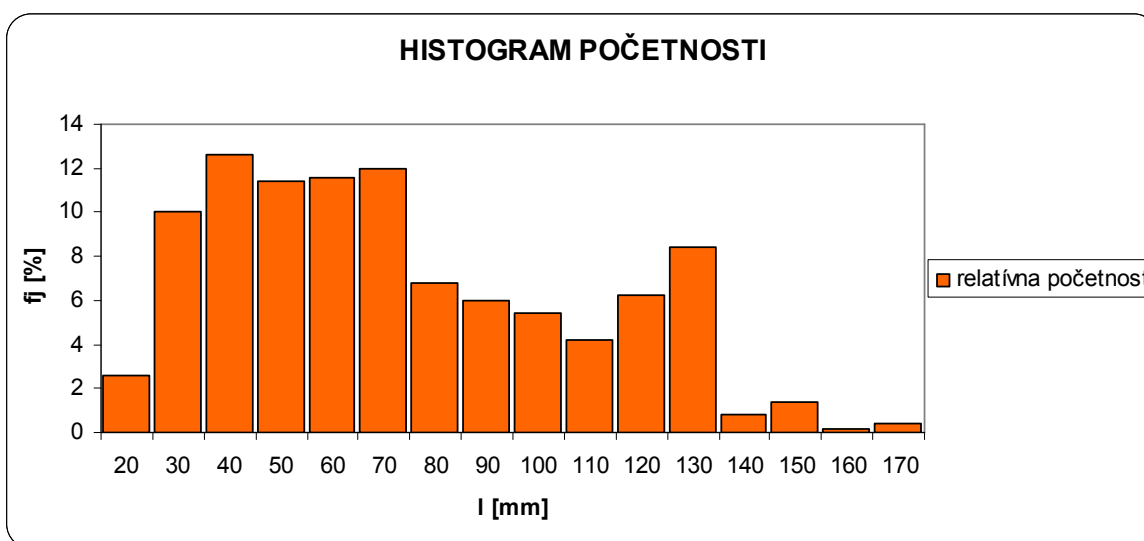
Obr. 3.12 Histogram vzorky č. 3

Z obr. 3.8 vyplýva, že sa jedná o histogram veľmi širokého zvonovitého tvaru, kde sú zastúpené vlákna od jemnosti 50 – 60 mm. Vláknko je v priemere dostatočne dlhé. Keďže táto vzorka nie je znečistená používaním výrobku a je farebne separovaná, doporučuje sa túto vzorku uplatniť v prvovýrobe týchto kobercov.

vzorka č.4



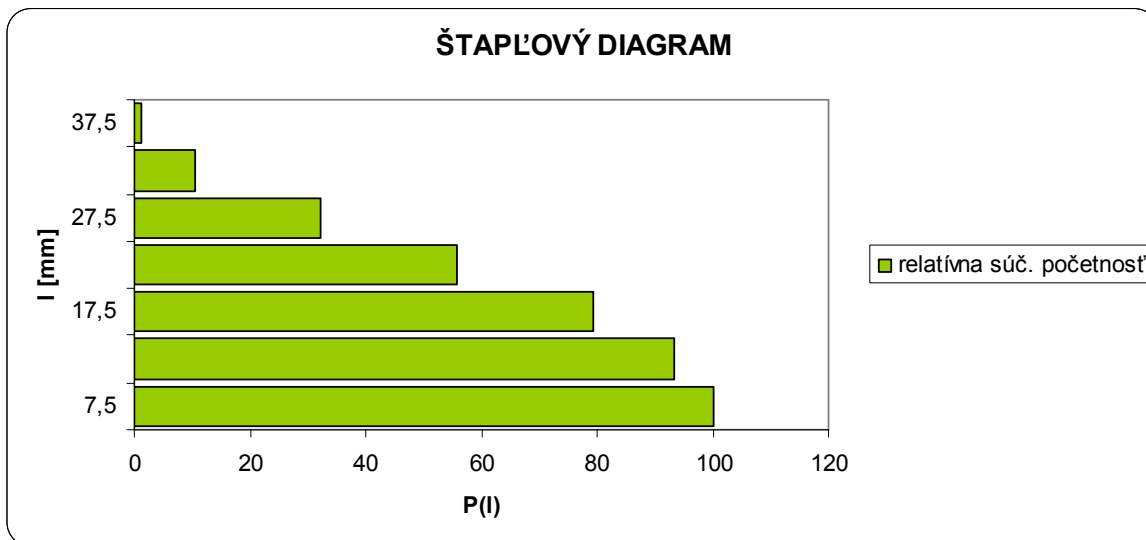
Obr. 3.13 Štapľový diagram vzorky č. 4



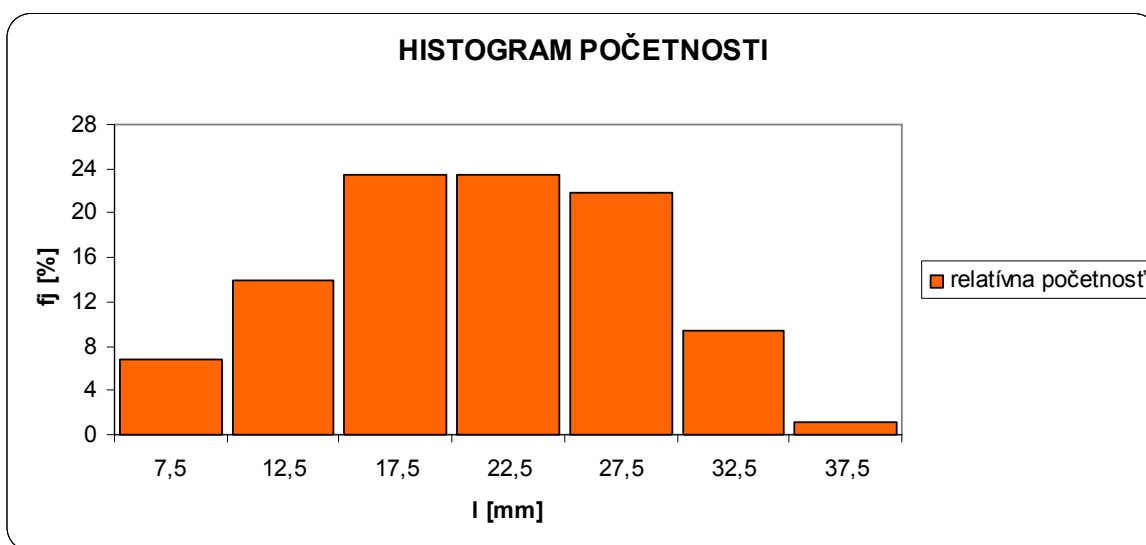
Obr. 3.14 Histogram vzorky č. 4

Z obr. 3.8 je vidieť, že sa jedná o histogram plochého, kde sú zastúpené vlákna od jemnosti 30 – 130 mm Vláknó je v priemere veľmi dlhé a však kvalita rozvláknenia je nízka. Táto vzorka je vhodná na výrobu geotextílií.

vzorka č.5



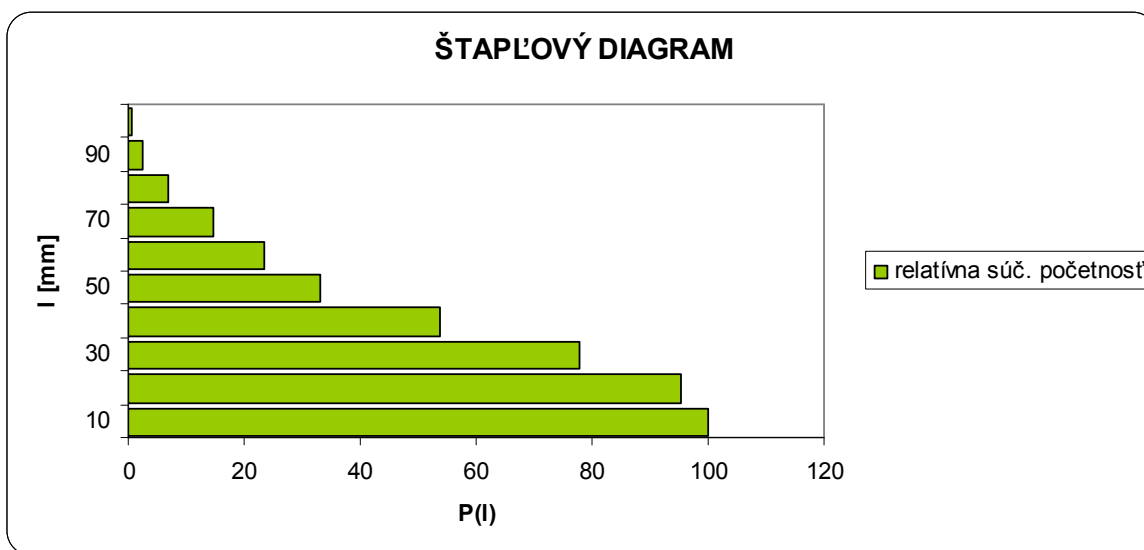
Obr. 3.15 Štáplový diagram vzorky č. 5



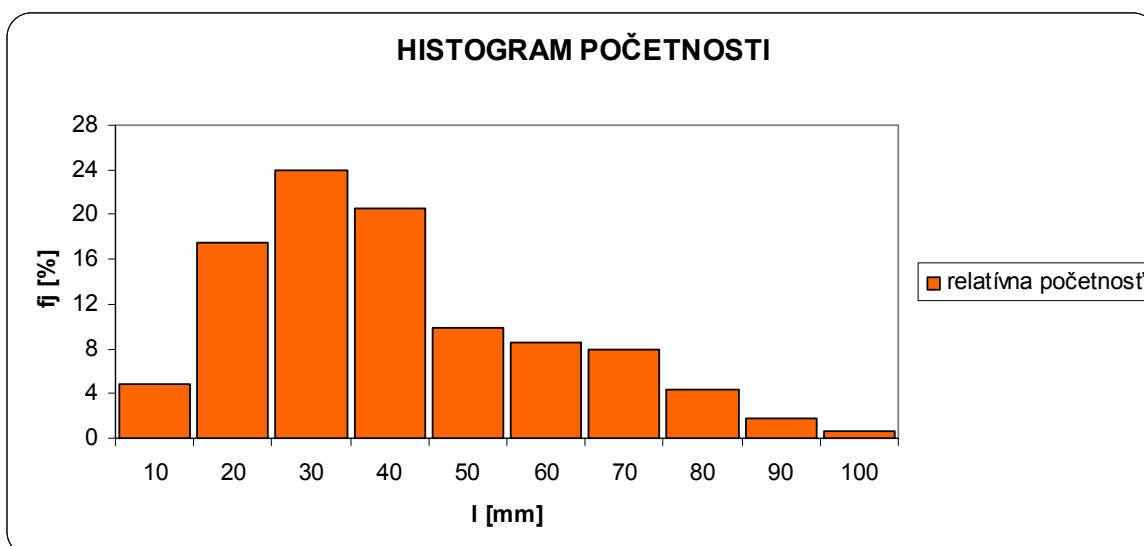
Obr. 3.16 Histogram vzorky č. 5

Z obr. 3.16 je vidieť že sa jedná o histogram zvonovitého až plochého tvaru, kde sú zastúpené vlákna od 7,5 - 32 mm. Pokiaľ uvažujeme že bavlnené vlákna použité pri výrobe mali priemerné hodnoty 35 - 40 mm proces rozvláknenia skrátil vlákna približne na polovicu. Klasické metódy ďalšieho spracovania by vyžadovali ďalšie skúšky.

## vzorka č. 6



Obr. 3.17 Štapľový diagram vzorky č. 6



Obr. 3.18 Histogram vzorky č. 6

Z obr. 3.8 možno vidieť, že sa jedná o histogram asymetrického tvaru z maximom v okolí 30 mm. Pretože ide o vzorku z automobilového priemyslu, ako vrstva z polyetylénovej peny, obsahuje vyše 30 % nevlákenných súčastí. Táto vzorka bola skúmaná pre účel využitia recyklátu na výrobu recyklačných materiálov metódou AIRJET. Štatistika dĺžky vlákna bola potrebná pre určenie nutnej prímеси polyetylénových vlákien, ktoré slúžia na zvýšenie priečnej a pozdĺžnej pevnosti ako aj na previazanie vlákien natavením.

## 4 Ekonomický prínos

Zámerom projektu je vytvoriť centrálné stredisko pre recykláciu odpadu z výroby auto kobercov, podobného kobercového odpadu a ďalšie spracovanie recyklátu na hotové výrobky.

Uvedený odpad, ktorý je produkováný v objeme cca 5000 ton za rok, s predpokladom ďalšieho zvyšovania tohto množstva, sa v súčasnej podobe ťažko uskladňuje a enormne spotrebovávajú priestor na skládke odpadov. Navrhované riešenie má znížiť zahlcovanie existujúcich skládok komunálneho odpadu materiálom, jeho recykláciu na použiteľné časti pre ďalšie spracovanie.

Takto spracovaný odpad má tak znížiť dopad na životné prostredie tým, že sa nebudú otvárať nové skládky a zmenší sa celkový objem uskladňovaného odpadu a zvýši sa uskladňovateľnosť novo vzniknutého odpadu z recyklácie.

Významný prínos je i v prínose pri vrátení recyklátu späť do spracovateľského procesu vo výrobkoch s pridanou hodnotou. Predaj takto vytvorených výrobkov pokryje pritom náklady spojené s recykláciou pôvodného odpadu.

Spoločnosť Marius Pedersen, a.s., ktorá sa zaoberá nakladaním s odpadmi, je zmluvným partnerom pre výrobné podniky v oblasti priemyselnej výroby auto kobercov a technického čalúnenia áut. Vzhľadom na narastajúci podiel najmä tzv. technologických zmiešaných odpadov z tejto výroby hľadá spoločnosť možnosť spracovania tohto odpadu na recyklát a ďalšie zhodnotenie na úžitkové výrobky. Osobitne naliehavou je táto otázka z dôvodu expanzie automobilového priemyslu.

Množstvo 5000 ton predstavuje množstvo odpadu z výroby auto kobercov automobiliek PSA KIA , Volkswagen.

Typickým výrobkom z tohto projektu je výroba izolačných materiálov systémom AIRJET. Vstupnou surovinu do tejto linky je zmes:

- recyklát z výstupu stroja NOVATEX RS cca 70%
- polyetylénové vlákno cca 29, 5 %
- samovznášacie aditíva
- vodovzdorné aditíva

Výstupný produkt je predajný v cene okolo 22 Sk/kg. Z čoho výrobné náklady sú odhadované na 18 – 19 Sk.

Využitie nových recyklikačných technológií na spracovanie takéhoto druhu odpadu môže po dokončení projektu prinášať miesto zaťažovania prírodného prostredia a zvyšovania objemu skládok dokonca aj zisk pre spracovateľa 15 mil. Sk ročne.

## Záver

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo zmerať dĺžky vlákien.

Vlákná, ktoré boli merné, poskytol štátny podnik Ústav textilnej techniky v Bratislave, ktorý požiadal o zmeranie a rozbor dĺžky vlákien na niekoľkých vzorkách rozvlákneneho odpadu rôzneho pôvodu.

Prvá časť bakalárskej práce je venovaná popisu podniku a textilných vlákien a následne dvomi spôsobmi merania ich dĺžky. Ide o podnik, ktorý sa zameriava na technické služby v oblasti automatizácie, konštrukcie, výroby strojov a tvorby software pre textilné a odevné podniky. Sústreďuje sa na spracovávanie textilného odpadu, ktorý produkujú výrobcovia odevov a spracovatelia textilnej metráže, ako aj odpadu vznikajúceho pri výrobe auto kobercov, čalúnení a iných vystrihovaných materiálov pri nadväznosti na netkané textilné technológie. Podrobnejšie sa popisuje delenie textilných vlákien na dve hlavné skupiny. Každá skupina sa vyznačuje určitými charakteristickými vlastnosťami, ktorým zodpovedajú určité základné druhy vlákien. Prvou skupinou sú prírodné vlákna, pri ktorých sú podrobnejšie rozpísané bavlnené a vlnené vlákna. Syntetické vlákna sú druhou skupinou. Tieto vlákna sa delia tiež na dve hlavné časti a to na chemické vlákna z prírodných polymérov a chemické vlákna zo syntetických polymérov. Dĺžky týchto vlákien sa zisťujú dvoma spôsobmi merania, a to priamou metódou a nepriamou metódou. Práca sa sústreďuje len na priamy spôsob, ktorý sa prevádza pomocou sklenenej dosky alebo guľôčkového triediaceho prístroja. Týmto meraním sa merajú dĺžky jednotlivých vlákien.

Experimentálna časť je zameraná na realizáciu samotného experimentu. Je tu opísaný materiál, z ktorého sú jednotlivé vzorky a ako sa prevádzal postup merania. Pre tento experiment bolo použitých šesť rôznych druhov vzoriek. Jedná sa o rôzne druhy odpadových materiálov, ktoré vznikli z prvovýroby, z použitého šatstva pri šití, z podlahových krytín a z odrezkov pri výrobe auto kobercov. Pomocou mikroskopu sa určilo materiálové zloženie jednotlivých vzoriek. Pri troch vzorkách sa zistilo, že sa jedná o prírodné vlákna. Tieto vlákna pochádzali z odpadového materiálu zo šatovky. Ďalšie tri vzorky, ktoré pochádzali z podlahových krytín a z auto koberca, sú zložené zo syntetických vlákien. Ďalej je tu podrobnejšie opísaný postup stanovenia dĺžky vlákien. Samotná skúška merania bola prevádzaná priamou metódou pomocou sklenenej dosky.

Podstatou tejto skúšky je, že vlákna sa merajú jednotlivo vo vyrovnanom, ale nie v napnutom stave v závislosti od druhu vlákien. Pri meraní bolo použité testovacie zariadenie – sklenená doska, na ktorej bol celý experiment prevádzaný.

Namerané údaje sa štatisticky spracovali pomocou vzorcov do tabuliek. Pre vyhodnotenie týchto údajov boli skonštruované dva grafy v tvare štapľového diagramu a histogramu. Z grafov je vidieť, že prevládajú grafy zvonovitého tvaru, poprípade plochého tvaru.

Po vyhodnotení merania dĺžok vlákien bola navrhnutá vhodnosť ďalšieho spracovania meraných vzoriek, a to pomocou dvoch spôsobov - výrobou netkanej textílie vpichovaním a výrobou izolačných látok metódou AIRJET.

Pri šatovke (zmes štyroch druhov odpadu) a podlahovej krytiny bez separácie bol doporučený spôsob spracovania výroby netkanej textílie vpichovaním. Pri šatovke (zmes zo zberu), pri podlahovej krytine (farebná vrstva) a pri auto kobercoch bol odporučený spôsob spracovania metódou AIRJET. Pri šatovke z riffoviny by klasická metóda ďalšieho spracovania vyžadovala ďalšie skúšky.

Výsledky meraní dĺžok vlákien a ich spracovanie, ktoré boli robené pre Ústav textilnej techniky, štátny podnik v Bratislave im napomôžu pri tvorbe nových technológií spracovania textilného odpadu.

Recyklácia odpadov a rozvoj odvetvia priemyslu s ním súvisiaci je významným krokom nielen z dôvodu ochrany životného prostredia, ale aj z hľadiska rozvoja spoločnosti.



## Literatúra

- [1] KOVAČIČ, V. *Textilní zkušebnictví – díl I.* [on-line]. [cit. 2008-03-22]. Dostupné z: <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/ZKT1dil.pdf>.
- [2] STANĚK, J. *Textilní zbožíznalství – Vláknenné suroviny, příze, nitě.* 2. vyd. Liberec: TUL, 2006. ISBN 80-7372-147-3.
- [3] Ústav textilnej techniky š.p [on-line]. [cit. 2008-03-22]. Dostupné z: [http://www.utt.sk/UTT\\_WEB\\_SK/index.htm](http://www.utt.sk/UTT_WEB_SK/index.htm).
- [4] JIRÁSKOVÁ, P. *Výroba délkových textilií.* 1. vyd. Liberec: TUL, 2004. ISBN 80-7083-845-0.
- [5] DOSTALOVÁ, M. – KŘIVÁNKOVÁ, M. *Základy textilní a odevní výroby.* 3. vyd. Liberec: TUL, 2004. ISBN 80-7083-831-0.
- [6] MILITKY, J. *Textilní vlákna – Klasická a speciální.* 1.vyd. Liberec: TUL, 2002. ISBN 80-7083-644-X.
- [7] DORNER, H. – KOLLER, K. – LASSNIG, W. – MIKULOVÁ, L. – SOMMEROVÁ, Z. *Zbožíznalství – oděvy a textilie.* Praha: 1995. ISBN 80-901-871-5-3.
- [8] ČSN 80 0201 Stanovení délky vláken měřením délky jednotlivých vláken.

## **Zoznam príloh**

1. Namerané hodnoty – 1. vzorka
2. Namerané hodnoty – 2. vzorka
3. Namerané hodnoty – 3. vzorka
4. Namerané hodnoty – 4. vzorka
5. Namerané hodnoty – 5. vzorka
6. Namerané hodnoty – 6. vzorka
7. NOVATEX RS II
8. NOVATEX VS a PS
9. NOVATEX RS II – schéma stroja
10. NOVATEX VS – schéma stroja